

の確保を両立させるためには、関連規格の迅速な見直し改訂が必要となる。しかし、日本のように強制規格でこれに対応するのは容易ではない。したがって、今後は強制規格の性能規定化により、高強度材料をはじめ、新たな技術開発の成果について安全性を確保しつつ有効活用できる体制の構築が求められる。

6) 米国及び欧州での材料安全分野における調査結果^{45)~50)}

(a) 樹脂複合材料の重要性

産業機械では、主に金属材料が安全性を確保するために使用されている。例えば、配管、圧力容器、クレーンなど、応力により破損すると重大な労働災害を引き起こされる可能性の高い箇所ほとんどは金属材料が使用されている。そして、設計から維持管理にわたり多くの基準が設定されている。例えばクレーンであればISO/TC 96、ASME B30などの基準がある。

一方で、材料技術の進歩はめざましく、特に炭素繊維強化樹脂(CFRP)をはじめとした樹脂複合材料が軽量、高強度という点で注目されている。CFRPが人命に関わる点で利用されている製品で目にするのは航空機と自動車である。特に航空機については、部材の強度が安全性に直結していることから、多くの研究が実施され、例えばアメリカ連邦航空局(FAA:Federal Aviation Administration)の認証を経て、航空機などへ利用されている。そして、日本でも炭素繊維ロープ(CFCC:Carbon Fiber Composite Cable)が製造され、これをクレーンなどの産業機械へ応用しようという動きもでている^{45)~47)}。このように樹脂複合材料は今後も多くの機械で利用されることが想定されるが⁴⁸⁾、仮に産業機械への利用が盛んとなってきた場合は、前述の通り破損すると重大な災害を引き起こす可能性があることから、確実な安全対策が必要である。

(b) 樹脂複合材料の利用にあたって考慮すべき事項

樹脂複合材料自体は様々な製品に既に活用されているが、その中でも特に航空機と乗用車への活用が着目されている。着目される理由は、これまでに構造の主要材料として利用されてきたアルミ合金や鋼などの金属材料とCFRPの損傷と破壊機構まで含めた材料特性が大きく異なっているためと考えられる。

樹脂複合材料を導入するにあたっては、想定される損傷に対して多くの実験が行われている。そして、産業機械に対して安全性を確保しながら導入するにあたっては、樹脂複合材料を導入

するにあたっての過程を踏襲しつつ想定される損傷を考慮しながら導入していくことが重要と考えられる。実際に、航空機系はCFRPに代表される熱硬化性樹脂複合材料の導入を検討しており、さらにコストダウンやリサイクル可能性などの観点からマトリクス樹脂を熱可塑性樹脂への変更することが検討されている⁴⁸⁾。本研究では、以上の点を踏まえ、樹脂複合材料が航空機に利用される際に考慮すべき項目について検討する。

樹脂複合材料は、その強度特性が金属材料と大きく異なることから、材料の選定から加工方法、破壊試験の方法等が多岐にわたり決定されている。

また、材料を決定した後に構造を決定する前に、次のような検討が行われる。

- i) 材料特性面 (高靱性・軽量化・短時間成形)
- ii) 繊維とマトリクス樹脂面からの検討 (耐熱性 (地上80℃、巡航高度-55℃)、弾性率、高靱性)
- iii) 設備面の検討 (成形方法・大きさと複雑さ・コスト)
- iv) 二次加工面からの検討 (穴あけなどによる発熱と強度低下)

こうした検討項目を強度と加工面から整理すると以下の項目となる。

① 検討されている材料強度

材料強度面では、引張強度・圧縮強度・有孔試験片・衝撃特性・耐熱性・耐水性・難燃性について検討が必要である。

特に、樹脂複合材料は金属と異なり応力が平均化しないことから、有孔試験片の孔周辺の応力状態は繰り返し荷重による損傷が問題となる。このため、後述する手法により強度を確認する必要がある。また、複数の孔によるリベット接続が一般的に使用されているが、公差の関係から特定の孔に応力が集中することが多いので、この点に対する配慮も必要である。

② 製造についての検討

製造面では、成形プロセス・加工 (ドリル・ルーター・ウォータージェット加工) について検討が必要である。特に穴あけなどによる発熱は強度を低下させるため、検討が必要である。

③ 品質保証についての検討

製品が想定されている強度を満たしていない場合は、繊維と樹脂の含浸不良、繊維の乱れ、しわ、外部欠陥、積層板のボイド、接着不良、層間剥離、異物混入などが考えられる。

こうした項目は目視検査、もしくは超音波探傷などによる非破壊検査を行うことで確認できる。しかし、同一の形状であったとしても、成

形方法と樹脂によって、これらの損傷が発生する箇所は異なる。したがって、材料に応じた検査を行う必要がある

使用する材料の強度についての品質保証は、熱硬化性樹脂の場合は材料の購入時に受け入れ試験を実施するとともに、部品の製作段階では工程管理試験の実施によって行っている。なお、熱可塑性樹脂の場合は熱硬化性樹脂と異なる工程保証方法が必要であると言われている⁴⁸⁾。

(c) 樹脂複合材料の認定プロセスと認定試験

以上の検討を経て選択された材料を実機に使用する際は、材料と構造の両方について認定を受ける必要がある。

このうち、航空機に利用する複合材料の認定プロセスは米国の場合はFAAが発行しているDOT/FAA/AR-00/47⁴⁹⁾をガイドラインとしている。このガイドラインに基づいて認定を得るためには、製造者がガイドラインに基づいて複合材料の認定プロセスに関する作業を認定時に実施する必要がある。その上でFAAが認定をする。

材料の認定については、以下の試験項目を実施する必要がある。これらに必要な試験は米国機械学会規格 (ASTM Standards) もしくはSACMA (Suppliers of Advanced Composite Materials Association, ただしASTMへ統一の動きもある) に記述されている。

i) 硬化前のプリプレグ特性

プリプレグとは、繊維シートにマトリクス樹脂を含浸させた硬化前の中間的な材料をいう。表24に、プリプレグ特性調査試験の一覧表を示す⁴⁹⁾。

ii) 複合材料パネルの物理特性

表25に、複合材料パネルの物理特性調査試験の一覧表を示す⁴⁹⁾。

iii) 複合材料パネルの強度特性

表26及び表27に、複合材料パネルの強度特性調査試験の一覧表を示す。このうち、表26のReduced Samplingとは緩和抜取検査のことをいい、比較的品质の良好な製品に対して緩和された検査を行う場合である。これに対し、表27のRobust Samplingとは外れ値の影響を少なくした抜取検査のことをいう。

なお、樹脂複合材料を航空機に使用するという観点からすると、試験条件として吸湿と温度を考慮する必要がある。このとき、試験条件の記号は次の意味である。

- ・低温無吸湿 (CTD) -54℃、製造したまま
- ・室温無吸湿 (RTD) 室温、製造したまま
- ・高温無吸湿 (ETD) 82℃、製造したまま
- ・高温有吸湿 (ETW) 82℃、85%相対湿度下で飽和

吸湿

iv) 複合材料パネルの難燃性特性

表28に、複合材料パネルの難燃性特性調査試験の一覧表を示す⁴⁹⁾。

構造についての認定を得るためには図32に示すように材料強度のための素材の試験 (クーポン試験) から、実構造物にしたうえでの構造強度試験までを行う必要がある。こうした考え方を“ビルディング・ブロック・アプローチ”^{48)~50)}と呼ぶ。また、クーポンからエレメントレベルであればデータベースとして共有されることで、コストダウンも図ることができる。これらの強度試験の結果はCHM-17 (MIL-HDBK-17)にしたがって統計的に処理される。

試験項目 (Reduced Sampling, Robust Sampling) にもよるが試験片の数は大量である。これらの手法は欧州でもほぼ同様である。こうした考え方は金属材料を主として利用していた時代から活用されており、コストはかかるが安全性を確保するという点からも現在においても活用されている。

材料と構造の認定については、金属材料も樹脂複合材料も同様のプロセスや試験を行うが、さらに樹脂複合材料については製造設備の認定を必要とする場合がある。これは、製品の質を安定的に確保するという目的のためと考えられる。例えば硬化用オートクレーブ、プリプレグ裁断機、非破壊検査装置などは製造設備の認定を必要とする場合がある。当然のことながら、これらの試験により問題点が発見された場合は、認定されず再試験となる。

航空機という一度構造が損傷すると被害の大きさは最悪墜落という大災害が発生する点を考慮すると、材料から構造の認定までに非常に多くの作業とコストを必要としている。しかし、欧米においてはデルフト工科大学の活動⁴⁸⁾に見られるように多額の予算を国と企業が出し合い、新しい材料と構造の開発に取り組んでいる。産業機械においても、こうした流れはやがて起こることを前提に安全かつ効率的な産業機械の開発を目指すことが望まれる。

第6章 日本での法規制及び社会制度のあり方に関する考察

本章では、今後、日本で望まれる機械に対する法規制及び社会制度のあり方について考察する。なお、本考察は現段階で検討中であり未公表のものも含まれるため、本章では現段階での概略を述べるに留める。

6.1 適合性評価と妥当性確認

1) 用語の意味

最初に、適合性評価と妥当性確認の用語の意味を考察する。国立大学法人長岡技術科学大学のシステム安全系の講義では、規格を「公に入手できる技術的な仕様書またはその他の文書であって、科学・技術及び経験から統合された結果に基づいて、影響を受けるすべての関係者の協力とコンセンサスあるいは全面的な承認の下に作成され、最適な社会的便益の促進を目指し、国内、地域的あるいは国際的なレベルで認知された機関によって承認されたもの」と定義している。このうち、人身などの安全を保証する仕様書を含む規格が安全規格である。

この定義からも分かるように、規格とは現時点での科学・技術及び経験に基づいて、関係者のコンセンサスと承認の下に作成される。この規格に適合しているか否かを判定する行為が“適合性評価”(conformity assessment)である。この用語がISO/IEC 17000(適合性評価－用語及び一般原則)で「製品、プロセス、システム、要員又は機関に関する規定要求事項が満たされていることの実証」と定義されていることは既に第5.6節で述べた。

また、妥当性確認(Validation)とはISO9000に「客観的証拠を提示することによって、特定の意図された用途又は適用に関する要求事項が満たされていることを確認すること」と定義されている。

これに類似した用語に検証(Verification)がある。これは「客観的証拠を提示することによって、規定要求事項が満たされていることを確認すること」をいう。ここで、本研究の目的が労働災害防止という特定の意図された用途又は適用に限定されることを考慮すれば、検証と妥当性確認では、妥当性確認という用語を使用した方が適切と考えられる。

2) 具体的内容とマーキングの重要性

次に、実際の安全管理活動に必要な適合性評価と妥当性確認の具体的内容を考察する。

実際の安全管理活動は、機械の設計・製造段階と機械の使用段階での活動に大別される。このうち、機械の設計・製造段階では、製品が特定の安全規格に適合しているか否かを判定する行為が特に重要と考えられる。これは前述した適合性評価に他ならない。これに対し、機械の使用段階では、機械の使用者が実際の機械を使用するにあたって労働災害が発生する可能性がないかを個別具体的に確認する行為が特に重要である。これは、労働災害防止という特定の意図又は用途を対象に、個別の機械が安全である

か否かの確認を個別具体的にを行う行為であり、前述した妥当性確認に相当すると考えられる。

勿論、適合性評価と妥当性確認は一般には機械の設計・製造と使用の両方の段階で必要な行為である。しかし、本研究で対象とする機械の労働災害防止に対象を限定した場合には、“所定の規格に適合しているか否か”が問題となる機械の設計・製造段階と“現実に労働災害が発生する可能性があるか否か”が問題となる機械の使用段階では、両者の重要性は大きく異なる。このため、本研究では、**図33**に示すように“適合性評価”を主に機械の設計・製造段階に、“妥当性確認”を主に機械の使用段階に対応する行為として定めた。

この場合、機械の設計・製造段階の適合性評価と機械の使用段階の妥当性確認の適切な連携が必要となる。この連携に不可欠な制度がマーキングである。マーキングが適切に施されていれば、機械の設計・製造者の側で適合性評価が確実に実施されていることを機械の使用者側に伝達できる。この情報伝達があれば、機械の使用者は、①残留リスク対策、②変更管理、③機械の製造後明らかとなった発生可能性のある災害に対する再発防止策に重点を置いて災害防止対策を実施できるので、機械の設計・製造者と使用者の間の役割分担が明確となる。

従来、労働安全分野ではマーキングの意義を十分議論することが少なかった。しかし、これまで労働安全分野では不明確であった機械の設計・製造者と使用者の役割分担の明確化と、その分担に基づく両者の適切な連携を図るためにも、マーキング制度の導入は日本でこそ重要と考えられる。

6.2 今後望まれる機械安全規制

本研究では、現段階で想定できる機械安全に関する日本での法規制案と社会制度案を仮説として複数設定し、各仮説を対象に、災害防止効果の有効性や実現可能性及び問題点などの検証を行う。この仮説には、例えば、①完全整合化案、②実質同一案、及び③従来の規制を徹底する案などが考えられた。

このため、平成25年度には、これらの案の現段階での概略と、検証を行う際に留意すべき事項や問題点について考察した。以下、その要点を述べる。

1) 完全整合化案

この案は、日本の機械安全に関する法規制及び社会制度を欧州の法規制や社会制度などと完全に整合させる案である。

具体的には、欧州機械指令に相当する「機械安全法」を強制法規として定めるとともに、強制法規に定めた要求事項を実現するために、体系的な機械安全規格（図1参照）、欧州方式の適合性評価制度、第三者認証制度及びマーキング制度を整備する案などが考えられる。

ここで、機械安全法の具体的内容としては、当初はドイツ機器・製品安全法(GPSG 法) (2004年5月1日施行)とドイツ製品安全法(ProdSG 法) (2011年12月1日施行)が参考になると考えた。しかし、具体的要求事項を考慮した場合は、むしろ①欧州機械指令の付属書、②イギリスの機械安全関係の規則である PWER (The Provision and Use of Work Equipment Regulations)、③ILO が 2011 年に主に途上国向けに機械安全に関する要求事項をまとめた「Code of Practice on Safety and Health in the Use of Machinery」、④ILO 第 118 号勧告(機械の防護に関する勧告)などが参考になると考えられる。

また、体系的な機械安全規格としては ISO/IEC や EN などに定められた機械安全規格が参考になる。さらに、適合性評価とマーキングには欧州で実施されているモジュール方式の適合性評価(図2参照)や CE マーキング制度の採用などが考えられる。

この案の利点は、製品の自由な流通が経済効果を生むという点にあると言われている。しかし、働く人の安全(労働者保護)を対象とした本研究では、完全整合化された規格を実際の労働災害防止対策に活用した場合の有効性について定量的な検証を行うことが重要と考える。この検証作業は膨大な規格を対象とするために大変な作業となるが、具体的な作業は後述する 2) に準拠した方法での実施を考えている。

なお、本案を実施する場合には、経済産業省の製品安全行政との連携が不可欠と考えられる。

2) 実質同一案

(a) 実質同一案の基本戦略

この案は、欧州の法規制や社会制度の中から特に労働災害防止効果が高いと考えられるエッセンスを抽出し、労働安全衛生法などに強制法規として反映させる案である。具体的には、機械の設計・製造者が行う方策として ISO12100 のステップ 1 及び 2 に定める本質的安全設計方策や安全防護(ガードや安全装置)及び制御システムの安全関連部に対する方策(インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど)を労働安全衛生規則の第二編第一章第一節の一般基準などに規定し、かつ適合性評価、第三者

認証及びマーキングなどの制度の内容を労働安全衛生法や機械等検定規則に規定する。

図 33 に、実質同一案における機械のリスク低減戦略の例を示す。この案では、①ISO12100 に定めるリスク低減戦略、②モジュール方式による適合性評価(図2参照)と適合宣言に関する情報伝達を目的としたマーキング、③機械の使用者による妥当性確認、④機械の設計・製造段階での災害情報の活用が基本要素となっている³³⁾。

このうち、①と②は製品の自由な流通を目的とする欧州の機械安全制度の中心となる機能である。これに対し、図 33 では、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度として、労働者の安全を確保するために③と④の機能も併せて重視している。なお、ISO12100 によるリスク低減プロセスをシステムとしてみた場合、災害情報を機械の設計・製造者に伝達するための適切なフィードバック構造が必要である。図 33 は、この問題を解決するための構造でもある。

(b) 実質同一案での有効性検証

この案では、ISO12100のステップ 1 及び 2 に定める本質的安全設計方策や安全防護(ガードや安全装置)及び制御システムの安全関連部に対する方策(インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど)だけで十分な労働災害防止効果が得られるかという懸念がある。そこで、研究代表者らが約10年前に実施した機械に起因する労働災害の分析結果を利用して、このときの労働災害防止効果を推察した。ただし、約10年前と異なり、停止すると作業が不可能な危険点近接作業に対しては、現段階では有効な保護方策が存在しないと仮定して有効性の評価を実施した。

表29に、この分析結果をまとめた結果を示す。この分析では、首都圏で発生した機械に起因する“挟まれ・巻き込まれ”災害と“激突され”災害を事故の型とする死亡労働災害129件を対象とした⁵¹⁾。

分析の結果、少なくともステップ 2 の安全防護(ガードまたは保護装置)及び制御システムの安全関連部に対する対策(インターロック、フェールセーフなど)を実施すれば、機械に起因する労働災害の3分の2近く(67%)を防止できることが推察された。また、ガード(固定式及びインターロック式)を利用した対策だけでも、機械に起因する労働災害の5割を超えて(57%)防止できることが推察された。

(c) 移動式の機械に対する対策

以上の結果は死亡労働災害を対象としたもので、障害を伴う災害や休業災害に対してまで有効かは別途検証を行う必要がある。また、この分析を実施してから約10年近くが経過しているので、現在も上記の推察が有効かも別途検証する必要がある。

そこで、平成22～25年度に日本で発生した機械に起因する労働災害（死亡約5,000件及び休業4日以上約50万件）の分析を実施した。その結果は表15及び図16、図17に示したとおりである。

分析の結果、移動式の機械である建設用機械、移動式クレーン、及びフォークリフトに起因する死亡労働災害が全機械災害の50%を占めていた。これらの移動式の機械に対しては、人の注意力に依存して作業者の安全を確保せざるを得ないと考えられている。

しかし、人の行動は誤りを伴うものであり、万全ではない。このため、本課題の研究者らは、人の行動を監視して警告等を行う支援的保護システムの検討を進めている。この具体例に、建設機械やフォークリフトへの接近警報システムがある。また、本課題の研究者らは、移動式クレーンのワイヤーロープの切断や構造体の破損などの災害を防止するために、材料工学的観点も含めた新素材や高強度材料、及び限界状態設計法などの信頼性・安全性評価手法の検討も含めた総合的な研究を進めている。

(d) 定置式の機械に対する対策

これに対し、定置式の機械での労働災害は、作業者が機械の危険な可動部を停止させない状態で可動部に近接して行う危険点近接作業や、作業者が機械の可動範囲などの広大領域に進入したときに他の人が誤って可動部を起動させたり、運転中の可動部に接触したりして発生することが多かった。

表30～表32は、これらの災害の分析結果をまとめたものである。表からもあきらかなように、危険点近接作業に関連する災害は定置式の機械で発生する災害の44%、広大領域内作業に関連する災害は定置式の機械で発生する災害の36%、第三者による誤った起動に起因する災害は定置式の機械で発生する災害の12%を占めていた。

また、これらのいずれかに関連する災害は重複も含めて65%と定置式の機械で発生する災害の3分の2近くを占めていた。

現在、労働安全衛生総合研究所では危険点近接作業や広大領域内での作業を対象とした新しい安全技術の開発を進めている。ただし、この方策では、単純にISO12100に基づくリスク低減戦略に従うのではなく、既に研究代表者らが提案

している管理区分方式のリスク低減戦略と実質同一案を融合させた新たな戦略を必要とする。

図27に、この戦略を示す。これは、第5.9節で述べた帰納的方策と演繹的方策を連携させた戦略である。この戦略と、本質的安全設計方策や安全防護物（ガード、保護装置）の適用だけでなく、現在本研究の担当者が研究を進めている高機能型の光線式安全装置やレーザー式安全装置、及び無線通信を利用した遠隔非常停止装置などの支援的保護システムの適用などによって、労働災害の相当部分を防止できる可能性があり、この労働災害防止効果の検証が必要と考える。

なお、この案では欧州方式の適合性評価と実質同一とするための実施事項として、図34に示す事項を想定している。これらは、欧州機械指令の付属書を基に作成したもので適切と考えているが、念のために労働災害防止効果に関する検証が必要である。

(e) 中小零細企業対象の簡易な対策の効果

実際の中小零細企業の実態を考慮したとき、実質同一案の場合でも対応が困難な企業が多いと考えられる。そこで、当面の措置として、例えば労働安全衛生規則の第二編第一章第一節の一般基準に可動部に対する“覆い・囲い等”（ガードだけでなく保護装置を含む）の規定を設け、この対策の徹底によって機械に起因する労働災害を大幅に減少させる方策も併せて提案した。これにより、定置式の機械では表33に示すように死亡労働災害の6割近くを防止できる可能性があると推察される。

ただし、この方策の徹底にあたっては、現場段階での妥当性確認やリスクアセスメント、及び事業者に対するコンサルティングや講習会の実施などが不可欠である。また、中小零細企業でのリスク概念の普及を目的とした簡易なリスクアセスメント手法の開発、マーキングを利用した簡易な妥当性確認手法の開発、及び“覆い・囲い等”の好事例の収集なども重要な課題と考えられる。これらの業務には、労働安全衛生総合研究所の活用なども考慮すべきである。

3) 現在の規制を強化する案

この案は、努力義務である労働安全衛生法第28条の2（危険性又は有害性に関する調査等）や、ISO12100と実質同一である「機械の包括的な安全基準に関する指針」を適切に運用することによって、機械による労働災害を防止しようとするものである。

この案の問題点は、前述した法令や通達に強

制力がない点にある。このため、安全活動に熱心な事業者が機械安全に熱心に取り組む一方で、災害発生率の高い事業者が強制でないという理由から熱心に取り組まないとという傾向が懸念される。

また、これらの規制では、事業者が自主的にリスクアセスメントに取り組むことが重要と考えられている。しかし、第5.2節の2)で述べたように、リスクアセスメントは主に中小零細企業がリスクの概念を習得してもらう際の教材に過ぎない。したがって、本案を採用する場合の労働災害防止対策では、本質的安全設計方策や安全防護（ガードまたは安全装置）などの設備対策を重点に置いた方策の展開が重要と考えられる。

4) 完全整合化案と実質同一案の融合

実際案では、働く人の安全（労働者保護）と企業の国際競争力の強化を両立させる方策も重要と考えられる。このために考えられるのが、完全整合化案と実質同一案の融合である。

この具体例としては、労働安全衛生規則の一般基準に、①本質的安全設計方策や安全防護（ガードや安全装置）及び制御システムの安全関連部に対する方策（インターロック、フェールセーフ、タンパプルーフなど）を規定するとともに、②ISO/IECなどの機械安全国際規格の要求事項を満足できる機械は①の要求事項を満足していると「みなす」または「推定する」規定を設けるなどの方法が考えられる。

今後は、このような方法の可能性も含めて検討を進めていく予定である。なお、この場合でも、設備対策が困難な残留リスクに対しては、人の注意力に依存した安全管理策によって適切なリスク低減を図るという規定が必要になると考えられる。

6.3 社会制度の検討

同様に、法規制と並ぶ重要な課題として、社会制度についても考察した。ただし、この課題は社会科学的知見なども必要とする大変困難な検討を必要とした。

このため、現段階では次のような知見を得るに留まっているが、平成27年度においては専門家が参集する委員会の場なども活用し、機械安全に関する社会制度のあり方について知見を深めたい。

以下、現段階までに得られた成果の概略を記述する。

1) 自主対応と法規準拠

(a) 自主対応と自主的活動の違い

独立行政法人労働安全衛生総合研究所の福澤義行理事は、研究所のメールマガジン^{5 3)}でイギリスにおける自主対応と日本の自主的活動を比較して次のように考察している。

「英国では、1972年のローベンス報告に基づき従来の最低基準の遵守を特徴とする法制から

① 安全衛生法規は枠組みのみを定める

② 事業者責任の強化

③ 現場での自主対応型の法制

を特徴とする英国労働衛生安全法が1974年に施行された。

一方、日本では最低基準+自主的活動の促進（第1条）が謳われた労働安全衛生法が1972年に施行された。その後の実態を見ると英国の自主管理は経営トップが行う管理であり、日本の自主的活動というのは現場の労働者が行う活動というイメージが強い。

極端に言えば、英国型では労働者は不安全行動をするという前提での「機械設備に頼る安全」、日本型では労働者は不安全行動をするので教育訓練していこうという「人に頼る安全」という側面が強かったように思える」とのことである。

この考察を考慮したとき、研究代表者らは、現在の日本で誤解されているのが「努力義務」の位置付けであると考ええる。すなわち、福澤が示唆したように「努力義務」を経営者の自主対応でなく労働者の自主的活動として捉えてしまった場合、事業者責任の強化という視点は希薄とならざるを得ない。この点に現在の労働安全分野において特に考慮すべき問題の根源があると考えられる。

(b) 自主対応で根拠に基づく安全が必要な理由

では、どのようにすれば、イギリスの自主対応の観点から事業者責任の強化を図ることができるのか。この点で大変重要な概念が前述した事業者が行う妥当性確認である。これは、機械の使用段階での“客観的証拠の提示”によって、事故や災害が発生する可能性がないかを事業者が個別具体的に確認する行為をいう。

現在、日本では現場の優秀な作業員や管理・監督者の勘と経験に基づいて安全管理を実施しているが、ここに事業者が行う“根拠(Evidence)に基づく”妥当性確認という考え方を導入できれば、より高い次元への安全管理へと発展できる可能性がある。これが、筆者らが根拠に基づく労働安全理論(EBS)を提唱する理由である。

また、現在、本研究と平行して厚生労働科研費での研究を実施している三柴文典^{5 4)}は、自主対応の発展形としての対話型の安全衛生政策を

提案している。

この提案を受けて筆者らの研究で論点となったのは、イギリスのローベンス報告で指摘された自主対応型、及び日本の三柴文典が指摘している対話型の安全衛生政策⁵⁴⁾を日本の機械安全の現場で実現するための具体的な理論と戦略を構築することであった。特に、自主対応と対話を基盤とするこれらの方策では、対策を実施するにあたっての根拠（エビデンス）とプロセス（戦略）の明確化が重要と考えられる。そこで、この点を考慮し、研究代表者らが提案している根拠に基づく安全理論（EBS: theory of Evidence-Based Safety）の更なる検討を進めた。なお、根拠とプロセスに基づく方策は欧州の鉄道分野における機能安全やアメリカの System Safety Society でも重要な課題となっている。

(c) 自主対応と法規準拠の連携

実際の現場では、自主対応と対話だけですべての問題が解決できるわけではなく、多発する労働災害を防止するために労働基準監督機関が行う法規準拠及び監督取締型の施策も依然として重要である。したがって、今後は自主と強制の連携によって、自主対応及び対話型と法規準拠及び監督取締型のバランスの取れた施策を日本国内で総合的に行える体制の構築が重要と考えられる（図 35 参照）。

このときの自主対応及び対話型の施策を対象とした支援機関には、独立行政法人労働安全衛生総合研究所や現在法案を審議中の独立行政法人労働者健康安全機構などの活用も考慮すべきである。

2) 全体最適の視点

以上の社会制度では全体最適の視点も重要である。そこで、全体最適に対する具体例として、企業と働く人の両方を考慮した総合的リスクマネジメント戦略の構築を併せて進めている。表 34 に、この戦略の概要を示す。

また、全体最適の観点から、機械安全と労働安全の両分野において望ましい安全性を達成するための理論的考察として、ISO/IEC ガイド 51 を基礎とする個別最適理論である機械安全と、ガイド 73 を基礎とする全体最適理論である労働安全におけるリスク低減戦略の違いも考慮した新たな最適設計理論の検討を進めている。

表 35⁵⁾ は以上の観点から機械安全と労働安全の比較を行ったもので、以上の理論構築の必要性を示唆している。

6.4 社会基盤整備の必要性

以上は主に法規制や社会制度を対象とした考察である。しかし、実際の労働災害防止に関するシステムでは、図 36 に示すように①理論、②技術、③情報、④知的財産、⑤法規制、⑥適合性評価、⑦教育、⑧支援に関する社会基盤を整備する必要がある。このため、労働安全衛生総合研究所では、以上の課題について別途研究を進めている。

この中で特に重要なのは、以下の項目と考えられる。

1) 法規制

現在、日本では、機械安全に関して事業者の自主的活動を中心とした施策が進められている。しかし、事業者に対して強制を伴う施策を進める場合は、特に中小零細企業を対象に労働基準監督機関による適切な技術支援活動が必要になる。この場合、イギリス、フランス、ドイツの例に相当するレベルでの労働基準監督機関内での技術専門家の充実が必要不可欠と考えられる。

2) 情報

機械の設計・製造者に対する技術支援活動では、①本質的安全設計方策、②安全防護（ガードや安全装置）、及び③制御システムの安全関連部に対する方策（インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど）に関する具体的情報を提供できる安全設計支援システムが必要と考えられる（図 37 参照）。

同様に、機械の使用者に対する技術支援活動では、④災害情報の提供、⑤リスクアセスメントとリスク定量化、⑥根本原因究明、⑦対投資効果推定などの機能を備えた支援システムが必要と考えられる（図 37 参照）。

現在、労働安全衛生総合研究所では、以上の点に配慮した総合的な支援システムの検討を進めている。

3) 教育

以上の法規制を踏まえた上で、各企業が法令に定める以上の安全性向上策を自主的に進めるためには、高度な知見と能力を備えた技術専門家による支援体制が不可欠である。

このために、①国立大学法人長岡技術科学大学専門職大学院システム安全専攻の修了者、②同大学が実施している「システム安全エンジニア」の資格取得者、③一般社団法人日本電気制御機器工業会等が実施している「セーフティリードアセッサ」、「セーフティアセッサ」などの資格を有する者を活用すべきである。

また、厚生労働省の技能検定制度の中に、機械安全に関する専門的知識の検定を設けるべきとの意見もある。今後は、以上のような点も含

めて、機械安全の専門家に対する体系的な資格制度や教育・訓練制度のあり方の検討が重要と考えられる。

第7章 結論

欧州の機械安全に関する法規制及び社会制度の基本的枠組みは、1985年のニュー・アプローチ政策によって確立したと考えられる。この政策では、①安全上の必須要求事項である欧州指令とこれを補完する体系的な技術仕様書であるEN規格、②モジュール方式による適合性評価と欧州域内での相互承認、③自己責任に基づき製品の必須要求事項への適合を自ら宣言するCEマーキングなどが、日本の労働災害防止対策でも大変参考になると考えられる。

このため、本研究では、上記①～③の法規制や社会制度を日本の機械安全分野でも活用することによって、機械による労働災害の大幅な減少が図れるかの検証を試みた。具体的には、欧州の機械安全に関する法規制や社会制度の内容と実態を調査・分析するとともに、現段階で想定できる日本での法規制及び社会制度を仮説として複数設定し、各仮説を対象に労働災害防止効果や実現可能性及び問題点などの検証を行っている。このうち、平成26年度に得られた主な結果は次のとおりである。

- 1) 日本の強みは、現場の優秀な作業員や管理・監督者及び生産技術者が質の高い安全管理と生産技術に基づく改善を実施していることにある。したがって、この“現場力”を基盤に置いた上で、技術に基づく安全の先進国と言われる欧州の機械安全技術や社会制度を適切に活用すれば、現在多発している機械災害の激減を図るとともに、日本の現場力と欧州の機械安全技術を高次の次元で融合させた新しい枠組みの安全技術と社会制度を構築できる可能性がある。

そこで、平成25年度に実施した欧州の機械安全技術の調査に加えて、日本の現場力の源泉としての安全管理と生産技術に関する調査及び分析を行い、日本の特徴である安全管理の集合知の体系（関係者間の協力と連携によって現場で発生する問題を組織的に解決するための実践的な知識体系）、特に安全性と生産性の両立を目指した技術体系について考察した。このとき、安全はコストでなく新たな価値創造のための投資として位置づけることが可能となる。
- 2) 平成25年度の研究では、主に定置式の機械に対する法規制の仮説として、完全整合化案、実質同一案、及び現時点の規制を強化する案

を提示し、この中から実質同一案を選択した。この案では、①ISO12100に定めるリスク低減戦略、②モジュール方式による適合性評価と適合宣言に関する情報伝達を目的としたマーキング、③マーキングの情報に基づく機械の使用段階での妥当性確認、④機械の設計・製造段階への災害情報のフィードバックが特に重要であった。

しかし、中小零細企業の実態を考慮したとき、実質同一案の場合でも対応が困難な企業が多いと考えられる。そこで、当面の措置として、例えば労働安全衛生規則の第二編第一章第一節の一般基準に可動部に対する“覆い・囲い等”（保護装置を含む）の規定を設け、この対策の徹底によって機械に起因する労働災害を大幅に減少させる方策も併せて提案した。これにより、定置式の機械では死亡労働災害の6割近くを防止できる可能性があると推察される。

- 3) 上記2)の方策の徹底にあたっては、現場段階での妥当性確認やリスクアセスメント、及び事業者に対するコンサルティングの実施などが不可欠である。また、中小零細企業でのリスク概念の普及を目的とした簡易なリスクアセスメント手法の開発、マーキングを利用した簡易な妥当性確認手法の開発、及び“覆い・囲い等”の好事例の収集なども重要な課題と考えられる。これらの業務には、独立行政法人労働安全衛生総合研究所の活用なども考慮すべきである。
- 4) 一方、平成22～25年度に日本で発生した機械に起因する労働災害（死亡約5,000件及び休業4日以上約50万件）を分析した結果、移動式の機械である建設用機械、移動式クレーン、及びフォークリフトに起因する死亡労働災害が全機械災害の50%を占めていた。

これらの移動式の機械に対しては、人の注意力に依存して作業員の安全を確保せざるを得ないと考えられている。しかし、人の行動は誤りを伴うものであり、万全ではない。

このため、本課題の研究者らは、人の行動を監視して警告等を行う支援的保護システムの検討を進めている。この具体例に、建設機械やフォークリフトへの接近警報システムがある。また、本課題の研究者らは、移動式クレーンのワイヤーロープの切断や構造体の破損などの災害を防止するために、材料工学的観点も含めた新素材や高強度材料、及び限界状態設計法などの信頼性・安全性評価手法の検討も含めた総合的な研究を進めている。

- 5) 平成 25 年度の研究では、機械安全に関する社会制度としてイギリス、ドイツ及びフランスで実施している機械の使用段階での妥当性確認制度を調査し、特に日本で参考にできる制度としてイギリスの制度に着目した。

平成 26 年度は、これにスイスでの調査を加えるとともに、平成 25 年度に引き続きイギリスの HSE (英国安全衛生庁) の調査を行い、実際の製造業や建設業の現場で妥当性確認をどのように進めているかの知見を深めた。

- 6) 上記 5) と平行して、機械安全に関する社会制度のあり方を理論的に検討した。この検討で論点となったのは、イギリスのローベンス報告で指摘された自主対応型、及び日本の三柴丈典が指摘している対話型の安全衛生政策を日本の機械安全の現場で実現するための具体的な理論と戦略を構築することであった。

特に、自主対応と対話を基盤とするこれらの方策では、対策を実施するにあたっての根拠 (エビデンス) とプロセス (戦略) の明確化が重要と考えられる。そこで、この点を考慮し、研究代表者らが提案している根拠に基づく安全理論 (EBS: theory of Evidence-Based Safety) の更なる検討を進めた。なお、根拠とプロセスに基づく方策は欧州の鉄道分野における機能安全やアメリカの System Safety Society でも重要な課題となっている。

- 7) 上記の自主対応と対話型の観点から事業場に対して具体的な支援を行える機関としては、労働安全衛生総合研究所や現在法案を審議中の新たな独立行政法人である労働者健康安全機構などが考えられる。

一方で、多発する労働災害を防止するには、労働基準監督機関が行う法規準拠及び監督取締型の施策は依然として重要である。したがって、今後は労働基準監督機関と労働安全衛生総合研究所などの連携によって、自主対応及び対話型と法規準拠及び監督取締型のバランスの取れた施策を日本国内で総合的に行える体制の構築が重要と考えられる。

- 8) 以上の社会制度では全体最適の視点も重要である。そこで、全体最適に対する具体例として、企業と働く人の両方を考慮した総合的リスクマネジメント戦略の構築を併せて進めている。

また、全体最適の観点から、機械安全と労働安全の両分野において望ましい安全性を達成するための理論的考察として、ISO/IEC

ガイド 51 を基礎とする個別最適理論である機械安全と、ガイド 73 を基礎とする全体最適理論である労働安全におけるリスク低減戦略の違いも考慮した新たな最適設計理論の検討を進めている。

なお、実際の労働災害防止活動を適切に推進するにあたっては、職場で重大な労働災害を発生させないことは当然として、働く人が長期的に安定した労働条件や安心できる職場環境の下で、他の人と協調しながら自己の能力を存分に発揮できる状態の実現など、別添 3 に示した労働基本権も含めた職場環境の整備も重要と考える。

また、本研究では、働く人の安全 (労働者保護) の確保は当然として、企業の国際競争力の強化、安全に関連する新産業の創出、海外との相互承認による適合性評価に要するコストの削減、製造物責任対策などの視点や機械作業に関連する生産性、作業性、費用対効果の改善という観点からも、欧州の機械安全に関する法規制や社会制度の有効性評価を進めていくべきと考える。

平成 27 年度は、以上のような観点も考慮した上で、実際の研究活動を進めたい。

参考文献

- 1) 日経メカニカル別冊、機械の CE マーキング、日経 BP 社 (1994)
- 2) 丸山弘志・三平律雄、CE マーキング制度とは、工学研究社 (1996)
- 3) 梅崎重夫・糸川壮一、機械安全に関する欧州規格の現状と国内法規との対応に関する調査、産業安全研究所安全資料、NIIS-SD-No. 14、(1996) pp. 1-14
- 4) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子・平沼栄浩・高木元也・島田行泰・三平律雄、よくわかる！管理・監督者のための安全管理技術—管理と技術のココがポイント—(基礎編)、日科技連出版社 (2011)
- 5) 中山和久、国際労働法、三省堂 (1998) pp. 46-54
- 6) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、機械安全と安全管理における基本理念と災害防止原則の比較—ベスト・プラクティスの観点から、労働科学、Vol. 86、No. 4 (2010) pp. 179-187
- 7) 池田博康、機械の制御システムの安全設計原則 ISO13849-1 における安全機能の確認、安全工学、Vol. 48、NO. 4 (2009) pp. 375-378
- 8) 齋藤剛、最近の制御技術 (5) —制御システムの安全性能基準—、クレーン、Vol. 51、No. 8 (2013) pp. 4-10

- 9) JIS ハンドブック、適合性評価、CE マーキング制度の主な指令と適用モジュール (2011) p. 568
- 10) Celeste Jacinto、Elaine Aspinwall、A survey on occupational accidents' reporting and registration systems in the European Union、Safety Science、42 (2004) pp. 933-960
- 11) 梅崎重夫・清水尚憲、産業機械の労働災害分析、産業安全研究所特別研究報告、NIIS-SRR-NO. 33 (2005) pp. 53-67
- 12) 梅崎重夫・福田隆文・齋藤剛・清水尚憲・木村哲也・濱島京子・芳司俊郎・池田博康・岡部康平・山際謙太・富田一・三上喜貴・平尾裕司・岡本満喜子・門脇敏・阿部雅二郎・大塚雄市、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度の考察、労働安全衛生研究、Vol. 8、No. 1 (2015) pp. 13-27
- 13) 古澤登、元気な職場を作る実践的安全活動ー安全スタッフ・管理監督者が組織を変えるー、中災防新書 (2012)
- 14) 中村昌充、製造現場の事故を防ぐ安全工学の考え方と実践、オーム社 (2013)
- 15) 遠藤功、現場力の教科書、光文社新書 (2012)
- 16) 若松義人、最強の現場を作り上げる！トヨタ式「改善」の進め方、PHP ビジネス新書 (2007) pp. 122-126
- 17) 労働省安全課監修、これからの安全技術ー工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの解説ー、安全確認システムと生産性 (杉本旭と梅崎重夫で執筆) (2000) pp. 190-193
- 18) 栗原史郎監修、向殿政男ほか、現場発ものづくり革新ー安全は競争力ー、日刊工業新聞社 (2009)
- 19) 遠藤功、現場力復権、東洋経済新聞社 (2009)
- 20) 梅崎重夫・板垣晴彦・齋藤剛・伊藤和也・山際謙太・崔光石・高橋弘樹・濱島京子・清水尚憲・大嶋勝利、よくわかる！管理・監督者のための職場における安全工学、日科技連出版社 (2013) pp. 1-16
- 21) 朱宮徹、現場力の高い職場づくり、労働の科学、Vol. 68、No. 12 (2013) pp. 10-14
- 22) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、根拠に基づく安全 (EBS) を考慮した安全目標と安全性評価指標の提案、安全工学シンポジウム 2013 講演予稿 (2013) pp. 334-337
- 23) 梅崎重夫・濱島京子、第三次産業の労働災害防止対策に関する技術基準等の検討、労働安全衛生総合研究所特別研究報告、JNIOSH-SRR-NO. 43 (2013) pp. 101-108
- 24) 梅崎重夫・濱島京子・池田博康、食品機械を対象とした労働災害分析、労働安全衛生総合研究所安全資料、JNIOSH-SD-NO. 27 (2010)
- 25) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲・板垣晴彦、コンベヤーを対象とした労働災害分析ー労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価ー、労働安全衛生研究、Vol. 5、No. 1 (2012) pp. 33-44
- 26) 濱島京子・梅崎重夫・板垣晴彦、粉砕機及び混合機を対象とした労働災害分析ー労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価と比較ー、労働安全衛生研究、Vol. 5、No. 2 (2012) pp. 87-97
- 27) 杉本旭・糸川壮一・深谷潔・清水尚憲・梅崎重夫・池田博康・芳司俊郎・蓬原弘一、安全確認形安全の基本構造、日本機械学会論文集 C 編、Vol. 54、No. 505 (1988) pp. 2284-2292
- 28) 杉本旭・蓬原弘一、安全の原理、日本機械学会論文集 C 編、Vol. 55、No. 530 (1990) pp. 2601-2609
- 29) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子・木下博文・平沼栄浩・宮崎浩一・石坂清、統合生産システム (IMS) におけるリスク低減プロセスの基礎的考察、労働安全衛生研究、Vol. 1、No. 3 (2008) pp. 212-219
- 30) 梅崎重夫・濱島京子、日本の現場力と欧州の機械安全技術の連携による新たな社会制度の構築、電子情報通信学会安全性研究会、Vol. 114、No. 458 (2015) pp. 13-16
- 31) Keskinen、E. . : Why do young drivers have more accidents? Junge Fahrer und Fahrerinnen. Referate der Esten Interdisziplinären Fachkonferenz 12-14. Dezember 1994 in Köln richte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit、Heft M 52 (1996)
- 32) IAEA Safety Series No. 75-INSAG-1 "Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident" Vienna (1986)
- 33) IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4 "Safety Culture" Vienna (1991)
- 34) EN 1127-1:2011、Explosive atmospheres - Explosion prevention and protection - Part 1: Basic concepts and methodology
- 35) IEC 60974-1 ed4. 0 : Arc welding equipment - Part 1: Welding power sources
- 36) EN 50126 : Railway applications - The

- specification and demonstration of Reliability、Availability、Maintainability and Safety (RAMS) (IEC 62278)
- 37) EN 50128 : Railway applications - Software for railway control and protection systems (IEC 62279)
- 38) EN 50129 : Railway Applications : Safety related electronic railway control and protection Systems (IEC 62425)
- 39) EN 50159-1、-2 : Railway applications - Communication、signalling and processing systems - Safety-related communications in closed (open) transmission systems (IEC 62280-1、-2)
- 40) Commission Regulation (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3)(2) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council
- 41) Commission Implementing Regulation (EU) No 402/2013 of 30 April 2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment and repealing Regulation (EC) No 352/2009
- 42) EN50129/IEC62425 Railway Applications - Safety related electronic railway control and control systems
- 43) ORR Common Safety Method for risk evaluation and assessment - Guidance on the application of Commission Regulation (EU) 402/213、March 2015
- 44) Journal of System Safety、Spring/Summer 2014、pp.31-38
- 45) 山際謙太、炭素繊維ケーブルを使用したペンダントロープとその繰返し荷重特性、クレーン、Vol. 51、No. 589、pp. 25-29
- 46) 山際謙太・大山裕太・佐々木哲也・本田尚・山口篤志・辻裕一、静索用炭素繊維複合材料ケーブルの繰返し軸荷重試験、日本機械学会論文集(A編)、Vol. 79、No. 802 (2013) pp. 745-748
- 47) 山際謙太・本田尚・山口篤志・佐々木哲也、従来材及び新素材クレーン用ワイヤーロープの経年損傷評価と廃棄基準の見直し、労働安全衛生総合研究所 特別研究報告、SRR-No. 44 (2014) pp. 19-24
- 48) 平成20年度 熱可塑性樹脂複合材料の航空機分野への適用に関する調査報告書、社団法人 日本機械工業連合会
- 49) U. S. Department of Transportation Federal Aviation Administration、DOT/FAA/AR-00/47 “Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems”
- 50) 戸井康弘・中村裕之、複合材料力学入門 第7章 航空機構造の設計の実例とその成形方法の特徴、日本複合材料学会誌、Vol. 23、No. 1 (1997) pp. 31-38
- 51) 梅崎重夫・清水尚憲、産業機械の労働災害分析、産業安全研究所特別研究報告、NIIS-SRR-NO. 33 (2005) pp. 53-67
- 52) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察 - 社会基盤の機能と構造 -、電子情報通信学会安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 113、No. 154 (2013) pp. 17-20
- 53) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所メールマガジン、第70号 (2014)
- 54) 三柴丈典、リスクアセスメントを核とした諸外国の労働安全衛生制度の背景・特徴・効果とわが国への適応可能性に関する調査研究、厚生労働科研費補助金総括研究報告書
- 55) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察 - 社会制度と妥当性確認の前提条件の検討 -、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 114、No. 458 (2015) pp. 17-20

図表の出典

- ・図1 文献2)のp. 73
- ・図2 文献2)のp. 33
- ・図3 JISB9700:2013 図2に具体的方策を追加
- ・図4 文献4)のp. 56の表3.5に具体的方策を追加
- ・図6 文献33)のp. 18の図2
- ・図7 文献4)のp. 41の図3.1
- ・図8 JISB9705-1:2011 図1と図3を参考に作成
- ・図9 JISB9705-1:2011 図A.1
- ・図10 JISB9705-1:2011 図4を参考に作成
- ・図11 JISB9705-1:2011 図5
- ・図12 文献8)のp. 6の図1
- ・図13 文献8)のp. 6の図2
- ・図14 JISQ17000:2005 図A.1
- ・図15 文献9)のp. 568

- ・図 18 文献 15) の p. 112 の図を参考に作成
- ・図 19 文献 15) の p. 206 の図を引用
- ・図 20 文献 15) の p. 126 の図を引用
- ・図 28 文献 41) の図を引用
- ・図 29 文献 42) の図を引用
- ・図 30 文献 43) の図を引用
- ・図 31 文献 44) の図を引用
- ・図 32 文献 50) の p. 44 の図を引用
- ・図 35 文献 54) 記載の考え方を参考にした
- ・表 1 文献 4) の pp. 42-43 の表 3.1
- ・表 2 文献 4) の p. 44 の表 3.2
- ・表 3 文献 4) の p. 47 の表 3.3
- ・表 10 文献 6) の p. 219
- ・表 11 JISB9705-1:2011 表 3
- ・表 12 文献 8) の p. 6 の表 3
- ・表 13 文献 8) の p. 7 の表 4
- ・表 15 文献 12) の p. 19 の表 4
- ・表 24 文献 49) の Table1
- ・表 25 文献 49) の Table2
- ・表 26 文献 49) の Table3
- ・表 27 文献 49) の Table4
- ・表 28 文献 49) の Table6

Ⅲ. 研究成果の刊行物・別刷 別添のとおり。

Ⅱ. 研究成果の刊行に関する一覧表

- 1) 梅崎重夫・福田隆文・齋藤剛・清水尚憲・木村哲也・濱島京子・芳司俊郎・池田博康・岡部康平・山際謙太・冨田一・三上喜貴・平尾裕司・岡本満喜子・門脇敏・阿部雅二朗・大塚雄市、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度の考察、労働安全衛生研究、Vol. 8、No. 1 (2015) pp. 13-27
- 2) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、労働安全分野における安全目標の考察、安全工学シンポジウム 2014 (2014) pp. 164-167
- 3) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察－社会システムとしての安全制御構造－、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 114、No. 106 (2014) pp. 1-4
- 4) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度の考察－根拠に基づく安全理論 (EBS) の観点から－、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 114、No. 458 (2015) pp. 13-16
- 5) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察－社会制度と妥当性確認の前提条件の検討－、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 114、No. 458 (2015) pp. 17-20

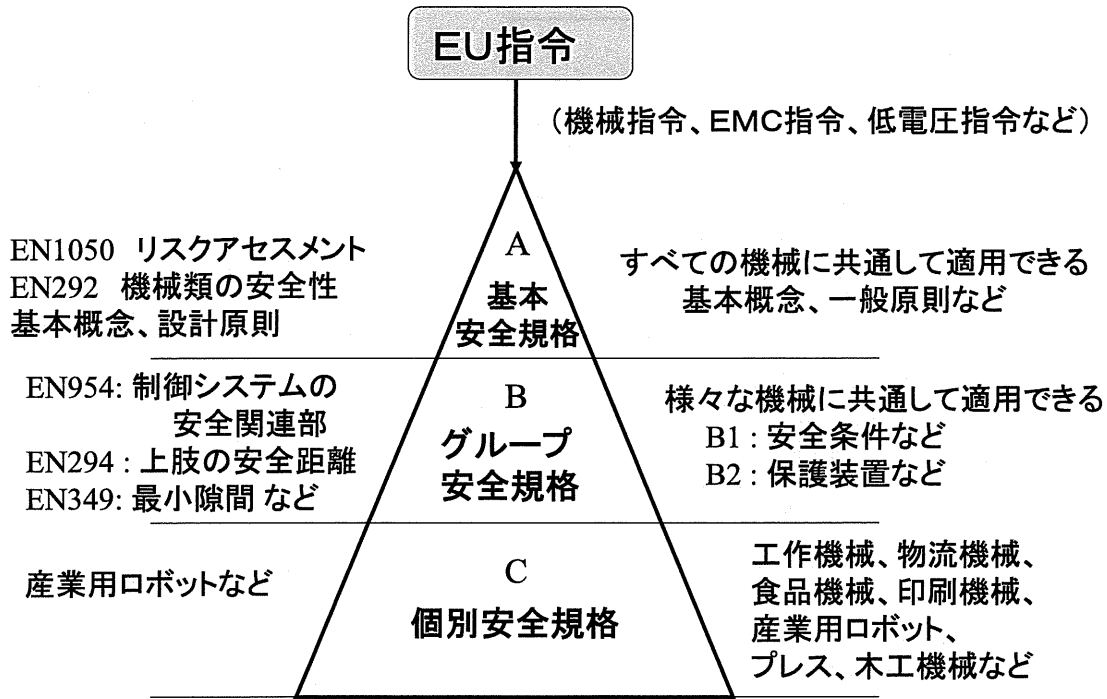


図1 EN規格の体系

設計段階の 適合性評価	A (内部生産管理)	A a (EU公認機関 が製造者を補佐する 内部生産管理)	B (型式試験)				G (ユニットの検定)	H (全体の品質管理)
	製造段階の 適合性評価	C (型式への 適合性)	D (生産の品 質保証)	E (製品の品 質保証)	F (製品の検 定)			
	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は製品の安全性を立証するための技術文書を作成し国内行政当局が閲覧できるように保管しておく。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は製品の安全性を立証するための技術文書を作成し国内行政当局が閲覧できるように保管しておく。 EU公認機関は、製品の安全性を確保するために、必要に応じて指導や助言を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、指定された形式の製品のサンプルと安全性を立証するための技術文書をEU公認機関に提出する。 EU公認機関は、製品サンプルが指令の要求事項に適合しているかを審査し、適合している場合、EC形式審査証明書を発行する。 			<ul style="list-style-type: none"> 製造者は製品の安全性を立証するための技術文書をEU公認機関に提出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、必須要求事項への適合を宣言するとともに、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> EU公認機関は、製品の抜き取り検査を定期的に行う等の方法によって、製造段階の適合性評価を行う。 製造者は、必須要求事項への適合を宣言するとともに、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> EU公認機関は、製品の抜き取り検査を定期的に行う等の方法により、製造段階の適合性評価を行う。 製造者は、形式への適合を宣言し、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。 EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。 製造者は、必須要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。 EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。 製造者は、必須要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> EU公認機関は、製品の全数を検査する。 製造者は、適合宣言とともに、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。 製造者は、適合宣言とともに、CEマーキングを行う。 	

図2 モジュール方式による適合性評価

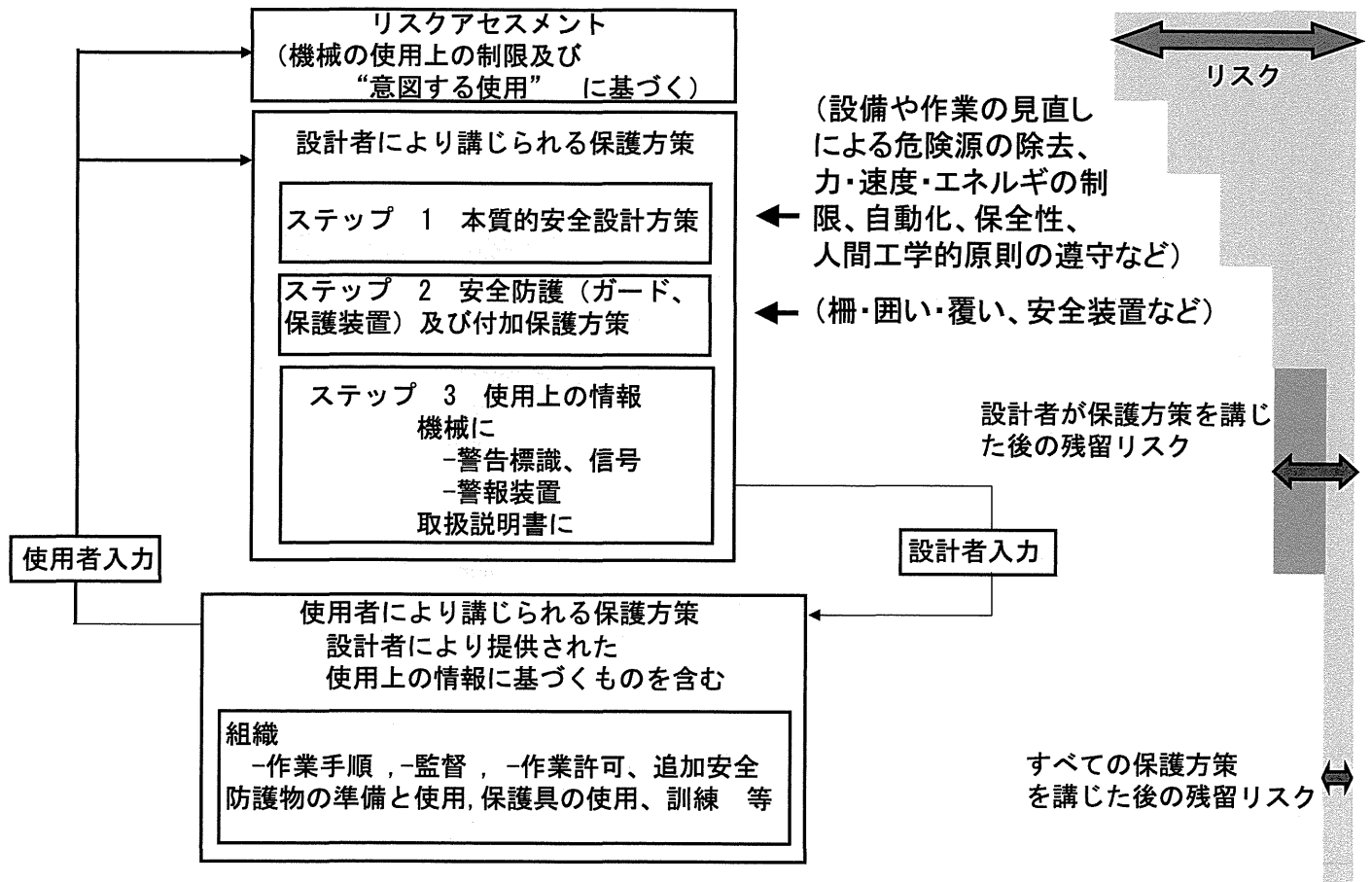


図3 ISO12100のリスク低減戦略

- 1) 鋭利な端部、角、突起物などを除去する。
- 2) 挟まれるおそれのある部分は、人体が進入できないように狭くするか、または挟まれるおそれがない程度に広くする。
- 3) 機械の可動部が発生する力を小さくする。
- 4) 可動部の運転速度を小さくする。
- 5) 可動部の持つ運動エネルギーを小さくする。
- 6) 応力の制限、過負荷の防止、破損や腐食の防止などに配慮する。
- 7) 設備の見直しやレイアウトの変更によって、危険な設備を根絶する。
- 8) 作業方法の変更によって、危険な作業を根絶する。
- 9) 自動化によって、人と機械の接触危険性を減少させる。
- 10) 有害性のない材料を使う。
- 11) 転倒防止のために安定性を確保する。
- 12) ライン内の視認性を確保する。
- 13) 誤操作しにくい配置や色とする など

図4 本質的安全設計方策の具体例

本研究の目的：
 機械安全規制が進んでいる欧州等の法規制や社会制度の内容と実態を調査するとともに、その効果を検証し、日本における機械の設計・製造段階の法規制や社会制度のあり方を提案する。

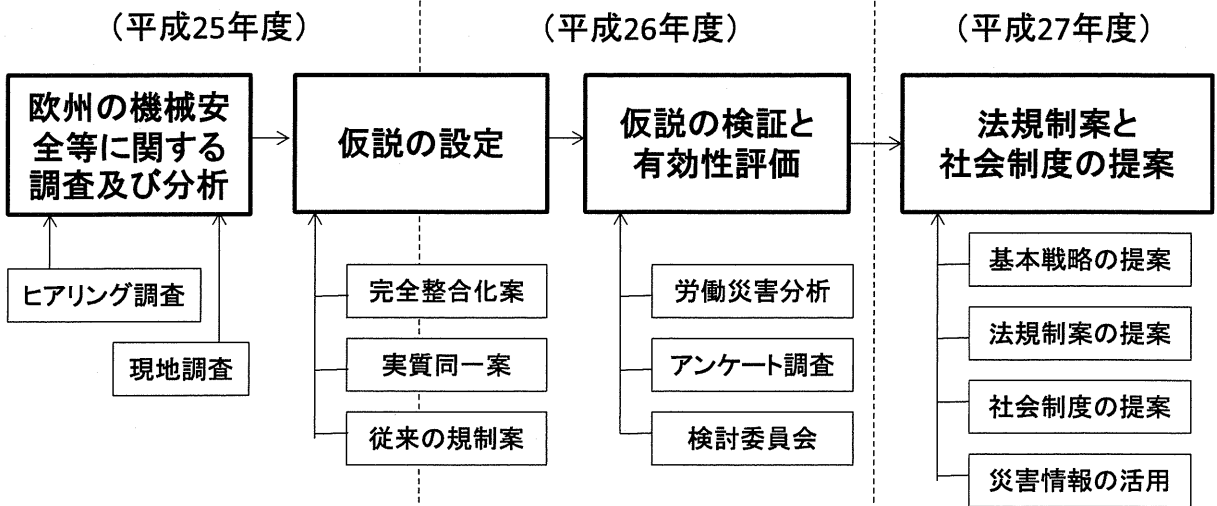


図5 研究全体の流れ図

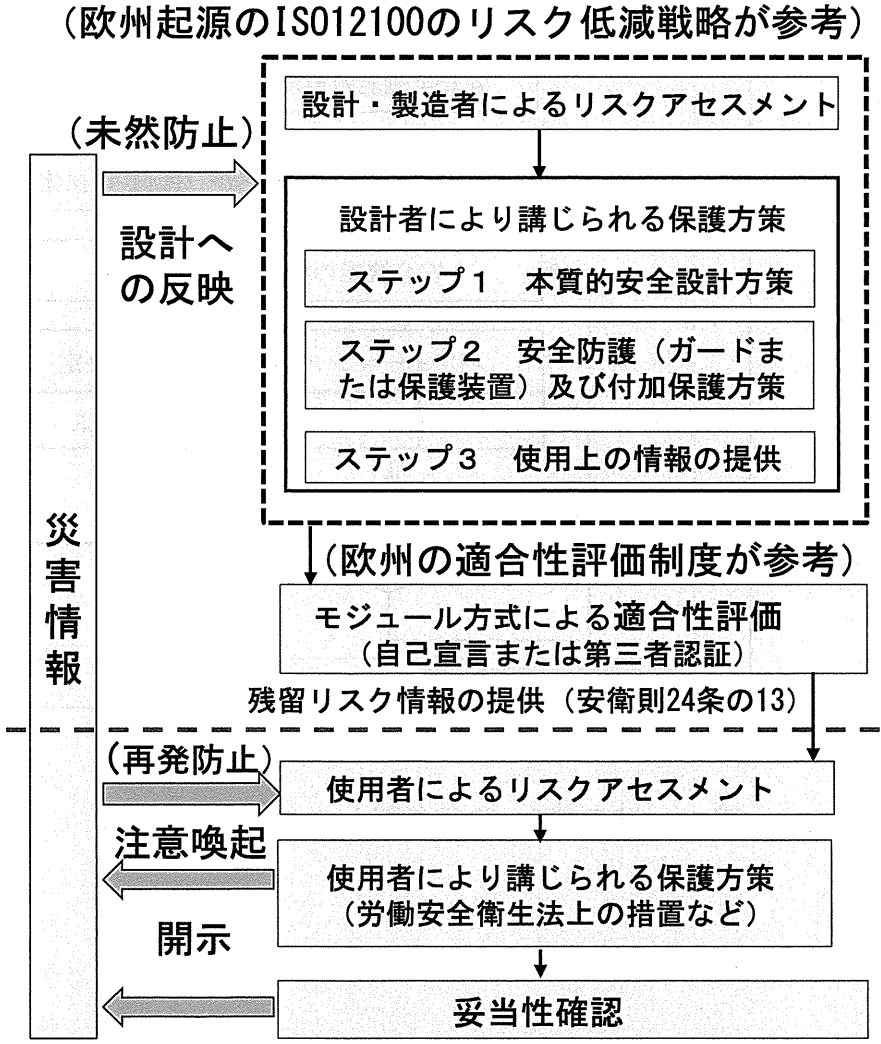


図6 法規制案と社会制度の例(実質同一案の場合)

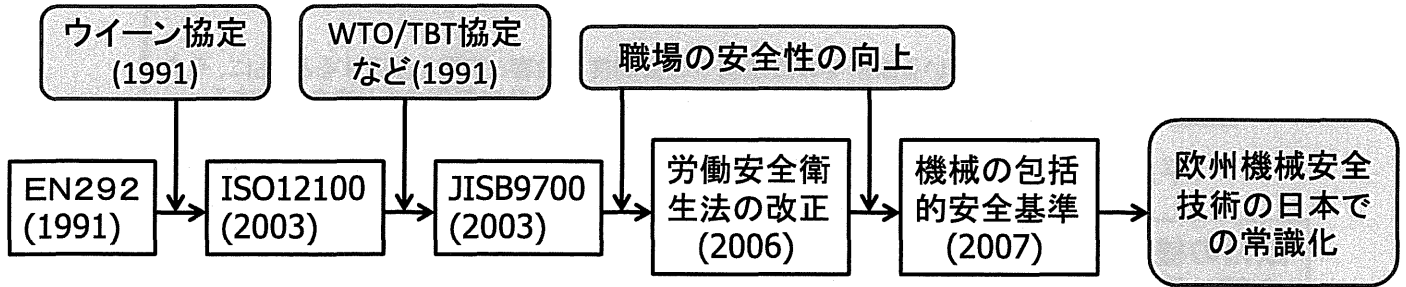


図7 欧州機械安全技術の日本への影響

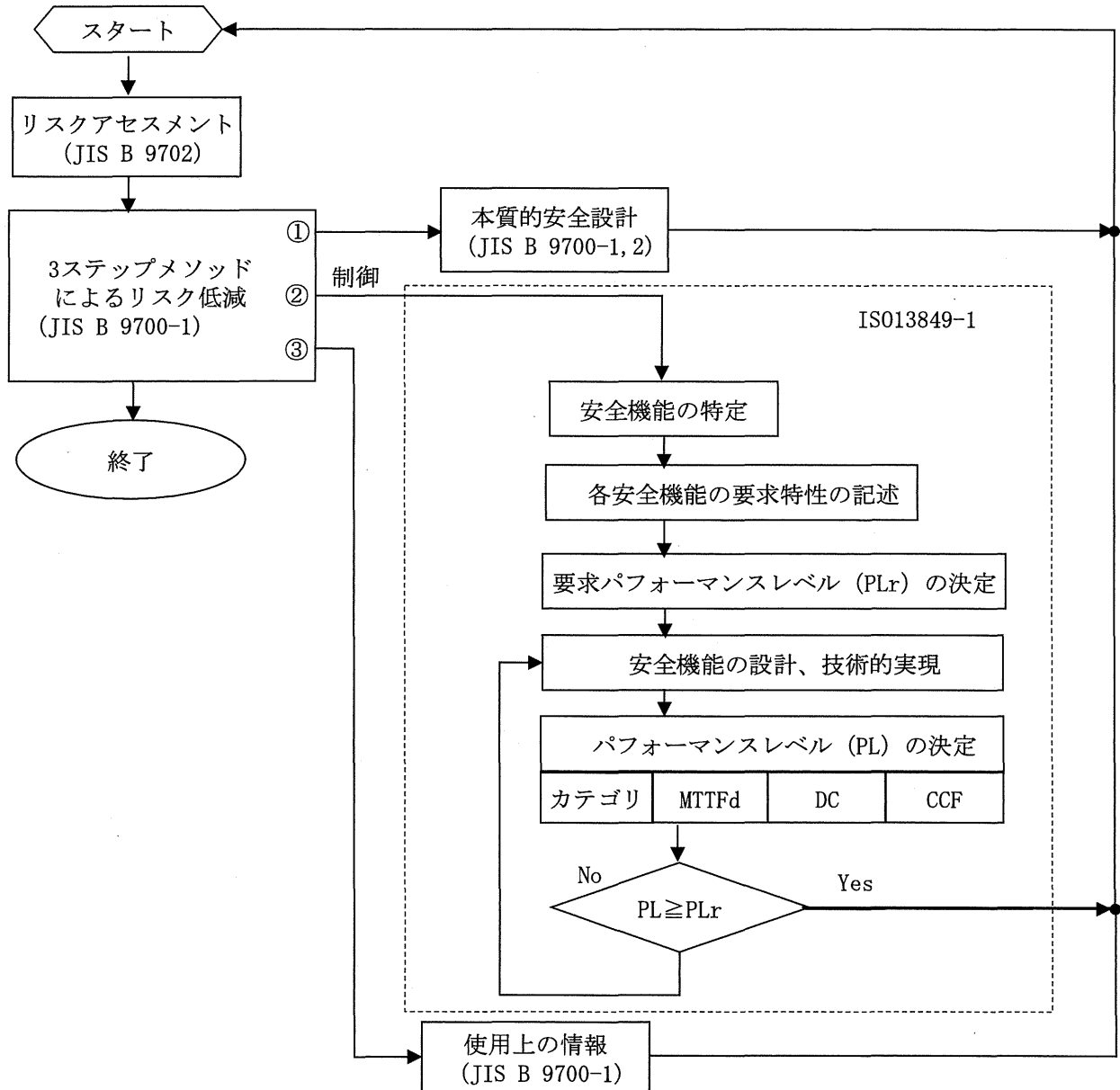
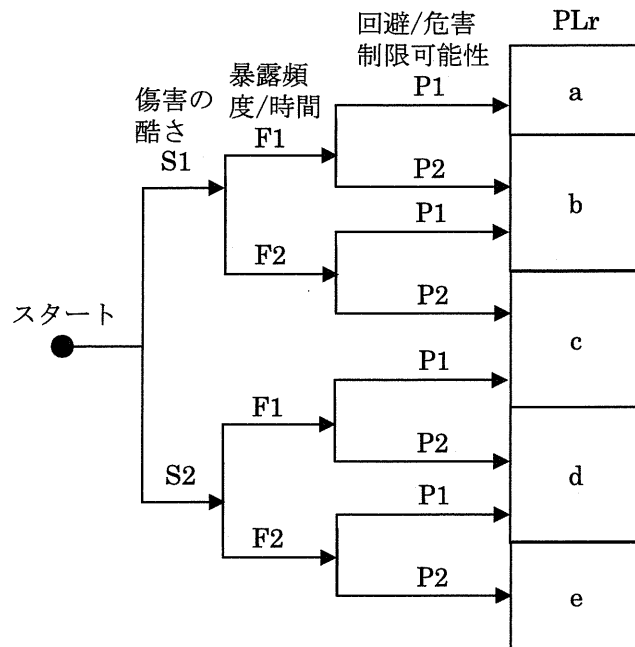


図8 SRP/CSの設計手順とその位置付け



凡例
 S1：軽傷、S2：重傷
 F1：まれ～低頻度（短時間）、F2：高頻度～連続（長時間）
 P1：ある条件下で可能、P2：ほとんど不可能

図9 リスクグラフによる安全機能のPLrの決定

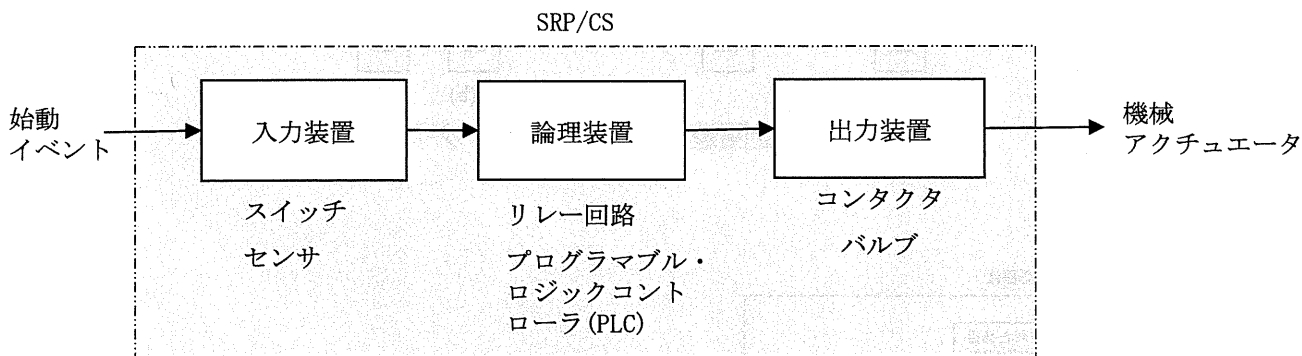


図10 SRP/CSのサブシステム構成

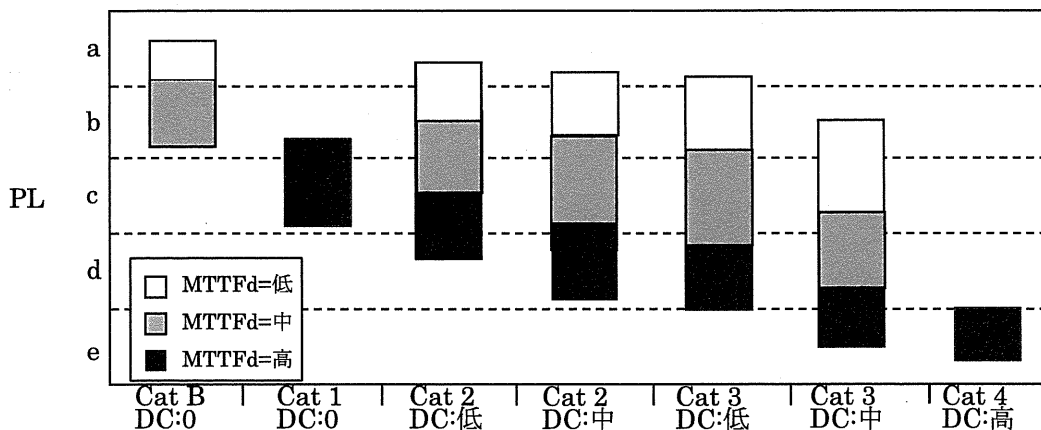
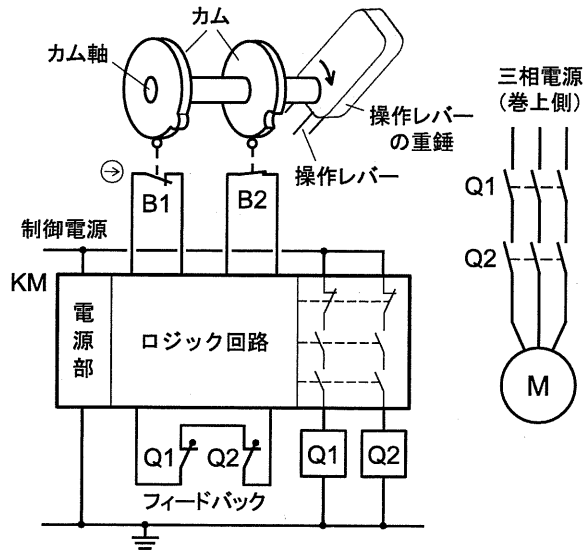


図11 サブシステムの各パラメータの関係とPLの決定



B1,B2:リミットスイッチ KM:安全リレーユニット
Q1,Q2:電磁接触器

図12 直働式(重錘式)過巻防止装置の回路

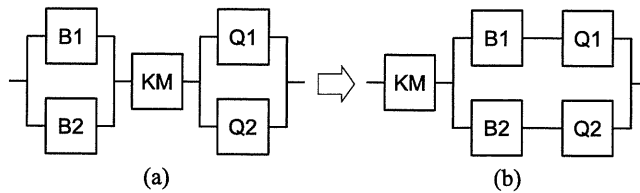


図13 安全関連ブロックダイアグラム

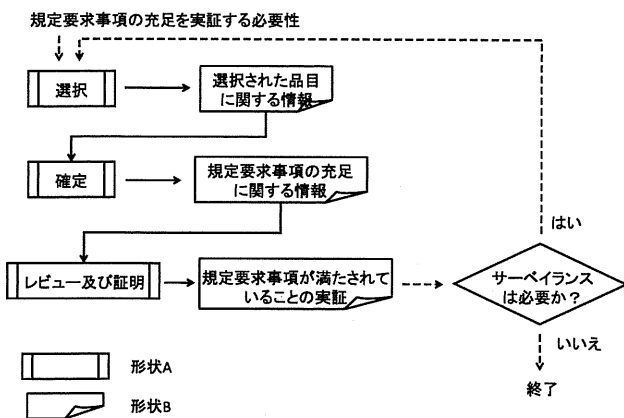


図14 適合性評価への機能的アプローチ

A 内部製造管理		B 型式試験				G ユニット検証	H 全体品質保証
設計	製造者 所轄行政官庁 の為に技術資料 を保管する	製造者は下記を通知機関(notified body)に提出する -技術資料 -型式 通知機関(notified body) -必須要求事項への適合性を確認する -必要な場合は、試験を実施する -型式試験証明書を発行する				製造者 -技術資料を提出する	EN 29001 製造者 -設計に関する、承認された品質システム(QS)を運用する 通知機関(notified body) -QSの監査を実施 -設計の適合性を検証する1) -EC設計審査証明書を発行する1)
	Aa 通知機関(notified body) の関与						
製造	A 製造者 -必須要求事項への適合を宣言する -CEマーキングする	C 型式への適合 製造者 -承認された型式への適合を宣言する -CEマーキングする	D 製造品質保証 EN 29002 製造者 -製造および試験に関する、承認された品質システム(QS)を運用する -承認された型式への適合を宣言する -CEマーキングする	E 製品品質保証 EN 29003 製造者 -検査および試験に関する、承認された品質システム(QS)を運用する -承認された型式または必須要求事項への適合を宣言する -CEマーキングする	F 製品検証 製造者 -承認された型式または必須要求事項への適合を宣言する -CEマーキングする	通知機関(notified body) -適合を検証する -適合証明書を発行する	通知機関(notified body) -QSの監査を実施する
	Aa 通知機関(notified body) -製品の特定期間の試験1) -ランダムな間隔での製品チェック1)	通知機関(notified body) -製品の特定期間の試験1) -ランダムな間隔での製品チェック1)	通知機関(notified body) -QSを承認する -QSの監査を実施する	通知機関(notified body) -QSを承認する -QSの監査を実施する	通知機関(notified body) -適合を検証する -適合証明書を発行する		

1

1) 指令中に追加要求事項のある場合

図 15 適合性評価モジュール

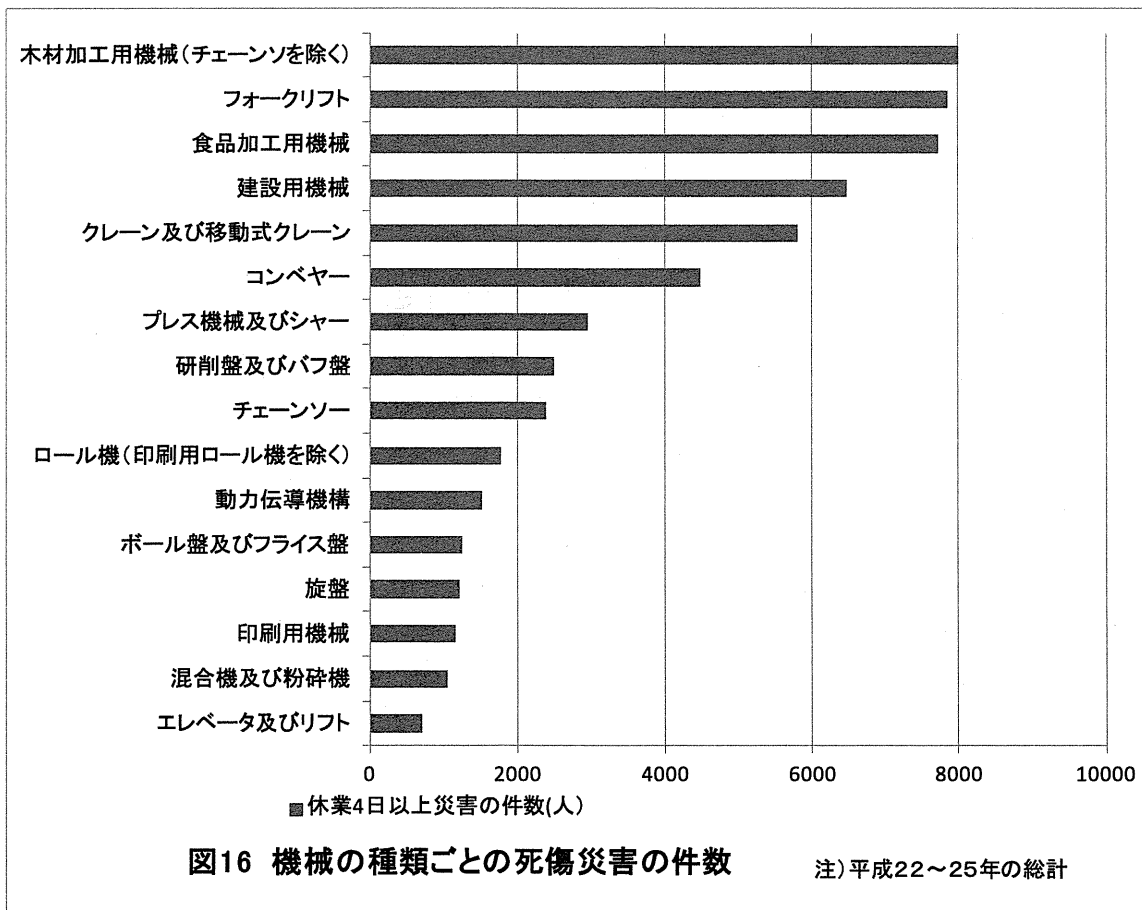
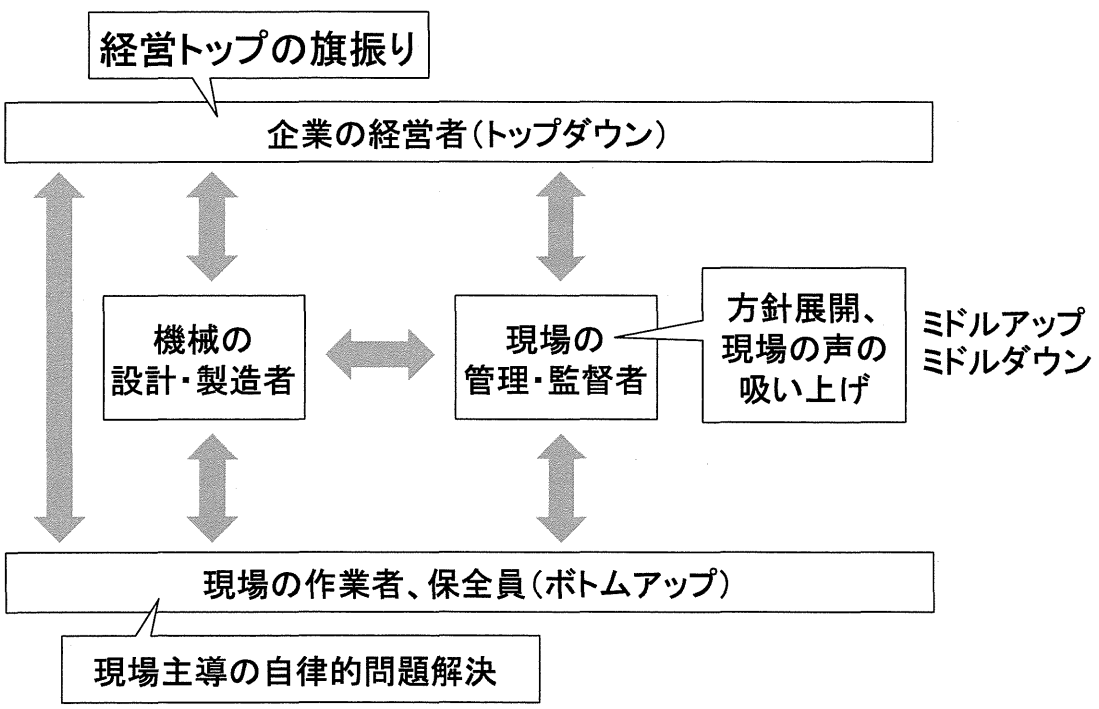
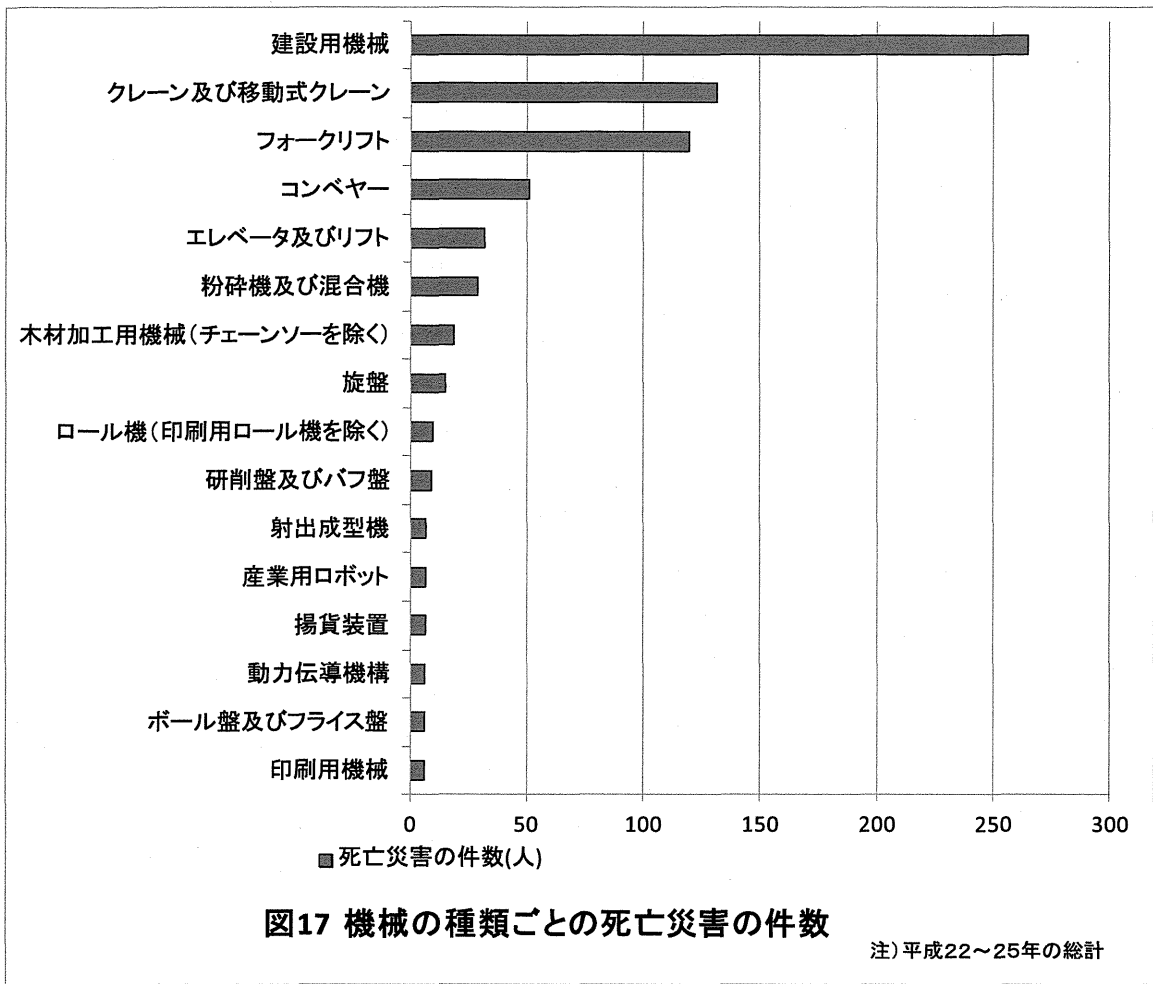


図 16 機械の種類ごとの死傷災害の件数

注) 平成22~25年の総計



(出典) 遠藤功、現場力の教科書、光文社新書 (2012) p. 112の図を基に一部を追記して作成

図18 現場力強化のための各担当者の役割